iLERNA.

MÓDULO 03

Protección Radiológica

CFGS Técnico en Imagen para el Diagnóstico y Medicina Nuclear

Tema 1

Interacción de las radiaciones ionizantes con el medio biológico

Radiobiología

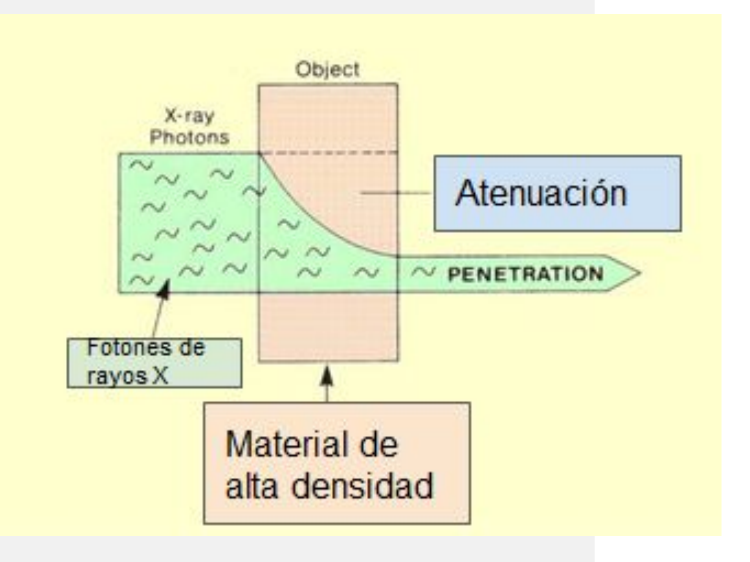
Radiobiología: El estudio del efecto de las radiaciones ionizantes sobre los seres vivos. Su objetivo final es la descripción de los efectos que la radiación produce en los seres humanos.

Estos efectos han sido estudiados desde que Röentgen tomó la primera fotografía de rayos X en 1895, y el Dr Leopold Freund escribió el primer libro de radioterapia en 1903.



Imagen de la mano de la esposa de Röentgen, tomada en 1895

Etapas de la interacción con radiación ionizante



Cuando un haz de rayos X o gamma penetra en un medio material, se observa una desaparición progresiva de los fotones que lo constituyen (atenuación).

Desde el momento en que los fotones de la radiación ionizante impactan con un ser vivo, se producen una serie de procesos que pueden definirse en 3 etapas principales:

- **-Etapa física**
- **-Etapa química**
- **-Etapa biológica**

Etapas de la interacción con radiación ionizante

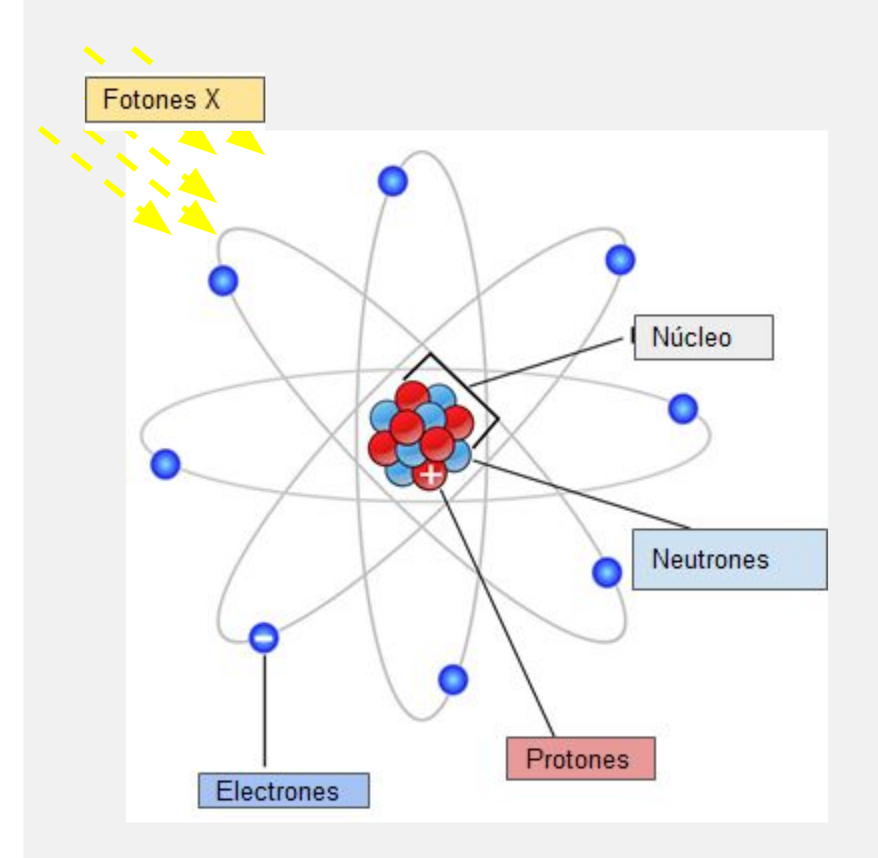
ETAPA FÍSICA

Cuando la radiación en su recorrido se encuentra con un átomo, puede provocar diversos fenómenos en él, como la **excitación** y la **ionización**.

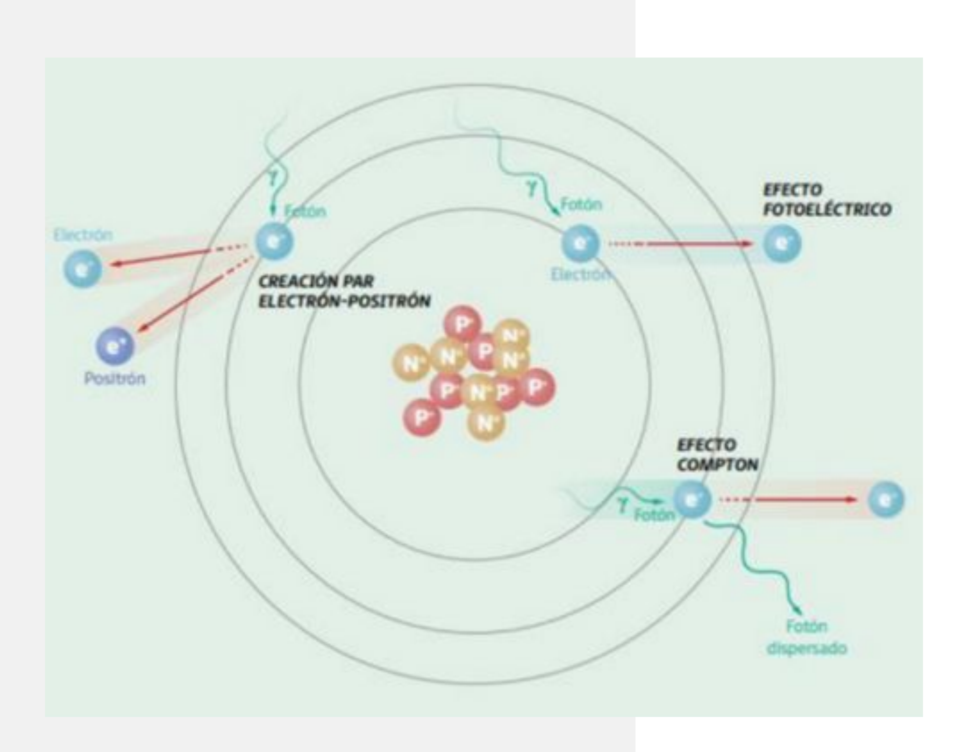
Ambos se producen cuando un átomo recibe un aporte energético y causa un efecto en los electrones.

Excitación: los electrones pasan de una capa interna a otra más externa.

Ionización: la energía recibida es mayor que la fuerza del enlace, por lo que los electrones se separan de su átomo.



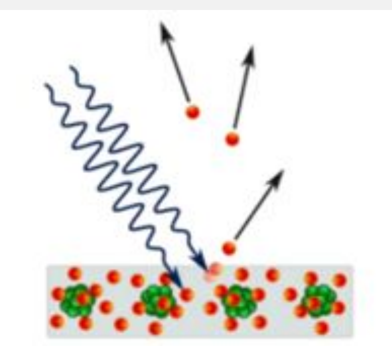
Etapas de la interacción con la radiación ionizante



La interacción física de la radiación (etapa física) con la materia, puede provocar distintos tipos de **EFECTOS:**

-Efecto fotoeléctrico
-Efecto Compton
-Producción de pares

Rayos X incidentes



ETAPA FÍSICA

-***Efecto fotoeléctrico:***

Se produce cuando el fotón incidente choca con uno de los electrones de las órbitas más internas. Este fotón cede toda su energía al electrón, el cual es "arrancado" de su órbita, saliendo hacia el exterior del átomo.

ILERNA.

ETAPA FÍSICA

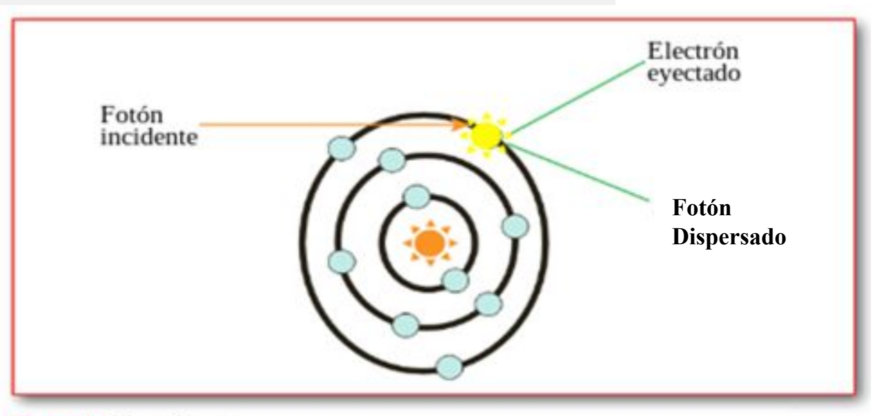
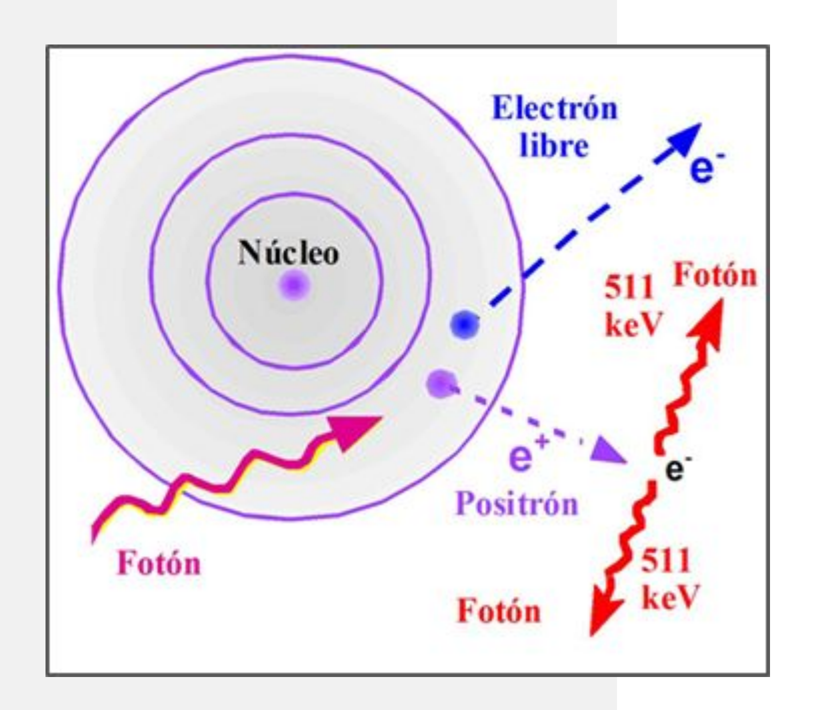


Figura 3. Efecto Compton.

-*Efecto Compton:*

Se produce cuando un fotón incide y expulsa a un electrón de las capas externas, y el fotón conserva suficiente energía como para seguir adelante, aunque con su trayectoria alterada, y su energía disminuida (llamamos a este fotón, ***fotón dispersado***)

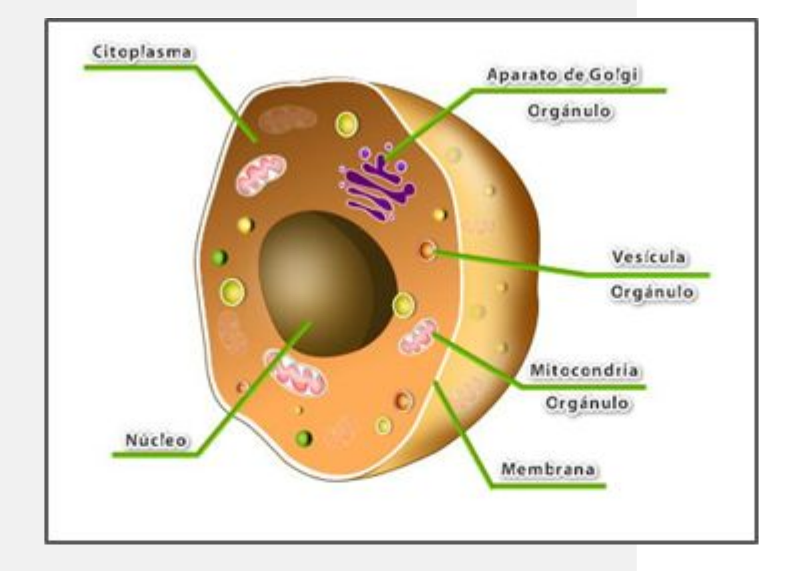


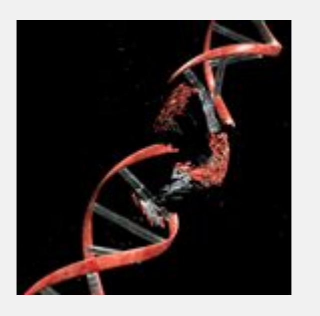
ETAPA FÍSICA

-***Producción de pares:***

Cuando un fotón de muy alta energía (1.02 MeV) pasa próximo al núcleo, es absorbido, formándose en su lugar dos partículas opuestas: un **positrón** y un **electrón.**

Estas dos partículas se propagan en direcciones contrarias.





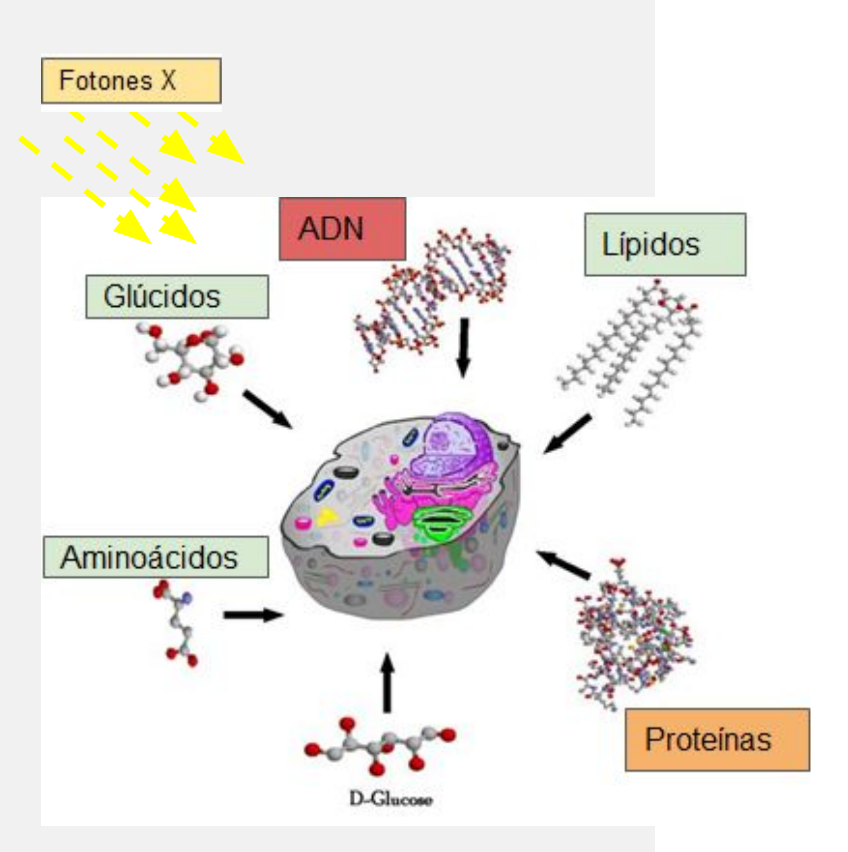
ETAPA QUÍMICA

Las células humanas se componen de una serie de macromoléculas (ADN, proteínas, lípidos...etc) que flotan en un medio acuoso. Si tenemos en cuenta que la célula está compuesta en un **80% de agua**, existen muchas probabilidades de que la radiación, al llegar a un ser vivo, colisione con una molécula de agua.

Así, las interacciones pueden dividirse en dos tipos principales:

-**Acciones directas** (sobre macromoléculas)
-**Acciones indirectas** (se ioniza el agua del medio celular)

iLERNA.

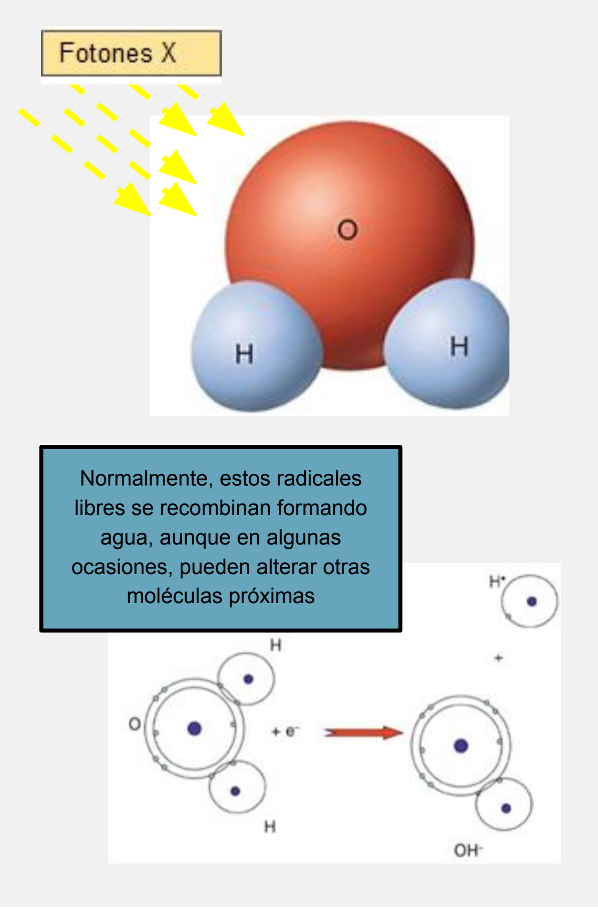


ETAPA QUÍMICA

-Acción directa:

Tiene lugar cuando la ionizaciones se producen directamente sobre las macromoléculas celulares.

Estos efectos se explican por la llamada "teoría del impacto", según la cual, existen muchas moléculas sin importancia en la célula que pueden ser impactadas sin efectos adversos, pero si la radiación afecta a una de las **moléculas clave** (como el ADN), se pueden producir graves lesiones en el organismo.



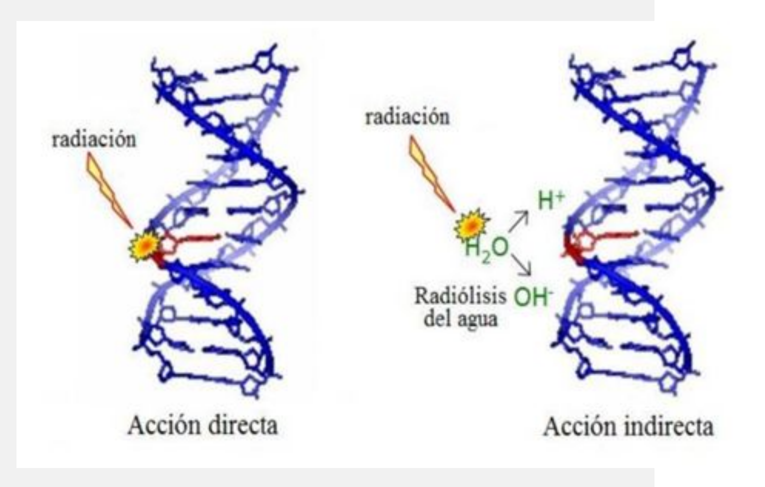
ETAPA QUÍMICA

-Acción indirecta:

Se produce cuando la radiación **ioniza** las moléculas de agua del medio celular.

Se producen radicales libres que pueden interaccionar con las macromoléculas de la célula, provocando lesiones graves si alteran el ADN.

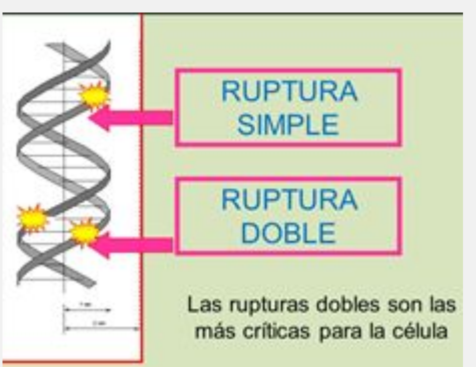
ETAPA QUÍMICA



-**Acciones directas** (sobre macromoléculas)

-**Acciones indirectas** (se ioniza el agua del medio celular)





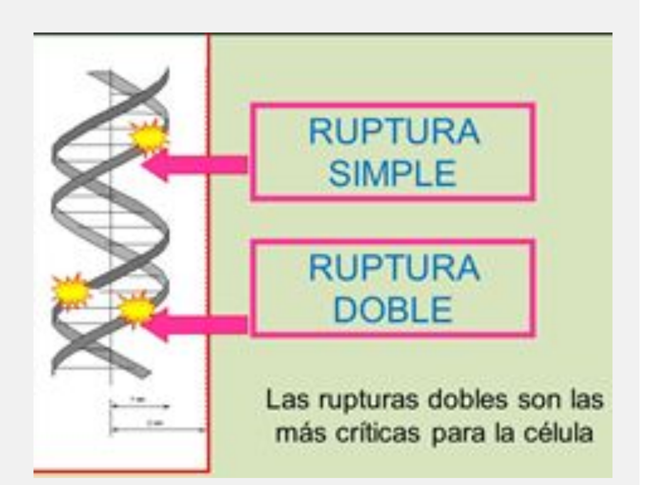
ETAPA BIOLÓGICA

La interacción de la radiación con tejidos biológicos activa los **mecanismos de reparación** presentes en las células, por lo que la gran mayoría de daños en el ADN no tendrán efecto sobre la viabilidad celular.

Pese a ésto, algunas alteraciones no serán reparadas, con lo que se producirá la **muerte celular** inmediatamente, o a veces, después de varias divisiones celulares tras la exposición a la radiación.

Las consecuencias biológicas de la irradiación celular se pueden manifestar mucho tiempo después.

Lesiones del ADN: Rotura de Cadenas



Cada Gy de radiación provoca unas 40 roturas dobles de cadena por célula.

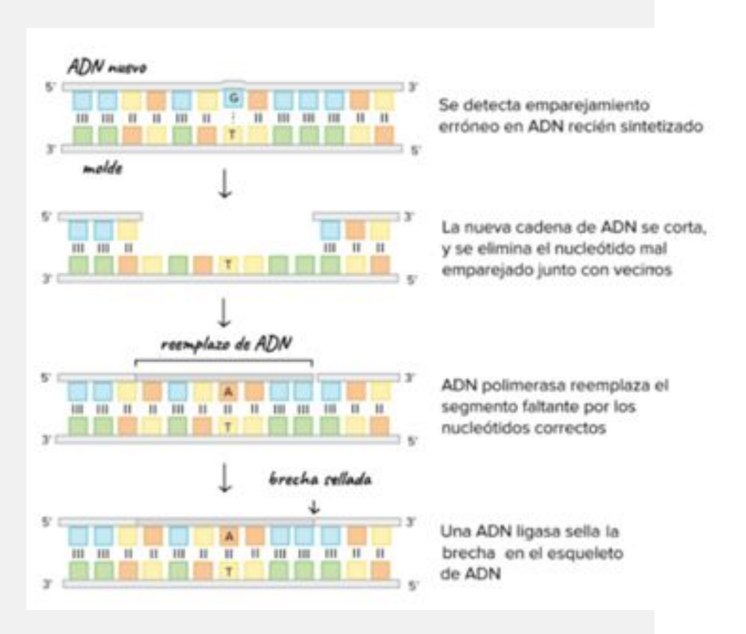
Rotura de cadena simple

También llamada **lesión subletal**, no llega a haber muerte celular puesto que las lesiones ocasionadas pueden corregirse. Solo resulta afectadas una de las cadenas de ADN.

Rotura de cadena doble

Se denomina también **lesión letal** debido a su relación con la muerte celular. Esta rotura es más compleja puesto que en esta ocasión la lesión provoca que se fragmenten las dos cadenas de ADN.

Sistemas de reparación del ADN



En el interior de las células se hallan unas **proteínas**, que se encargan de **reparar** las lesiones causadas por la radiación con el fin de restaurar la viabilidad celular. Lo que hacen estas proteínas es básicamente, **eliminar o reconstruir** la estructura original del ADN.

Estos mecanismos suelen ser muy eficaces, pues son corregidas casi todas las alteraciones que sufre el ADN y no tiene mayores consecuencias para las células.

No obstante, hay veces que no se puede reparar la lesión y tiene lugar la muerte celular.

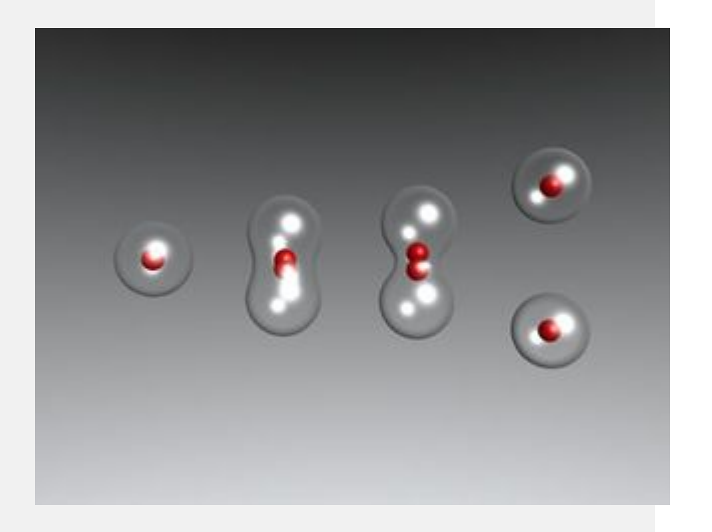
¿Por qué se produce una alteración concreta y no otra?

Según la **teoría de la diana**, en la célula existen moléculas clave, las cuales son muy importantes en el mantenimiento de la vida celular.

Las **lesiones** que se produzcan en estas moléculas tendrán consecuencias más importantes que si el daño se produjera en otra menos importante.

Por tanto, el **elemento crítico** para determinar los efectos de la radiación sobre la célula es la **diana** sobre la que se produce la alteración.

¿Por qué se produce una alteración concreta y no otra?



En la replicación celular celular normal, primero se duplica el material celular, y luego se divide, el daño en diferido por radiación puede hacer que el proceso se vea interrumpido en cualquier punto.

Es por esto que las lesiones celulares se pueden clasificar en dos grandes tipos:

-**Muerte celular inmediata:** En situaciones de dosis elevadas (10-100 Greys) se produce la rotura instantánea de algunos componentes esenciales para la célula, causando su destrucción.

-**Muerte celular en diferido:** Tasas bajas de radiación pueden producir efectos sobre la capacidad de replicación de la célula, por lo que cuando en el futuro intente dividirse, se producirán errores que lo impedirán, causando la muerte de la célula.

(Debido a que los tejidos con alta multiplicación son más sensible a estas alteraciones, éste principio es de utilidad en la radioterapia antitumoral).

iLERNA.

Preguntas de Repaso

Órgano/Tejido	Factor de ponderación de los tejidos w_T	Contribución total $\sum^{w}$
Pulmones, estómago, médula ósea, mamas y resto [1]	0,12	0,72
Gónadas [2]	0,08	0,08
Tiroides, esófago, vejiga e hígado	0,04	0,16
Superficie ósea, piel, cerebro y glándulas salivales	0,01	0,04

Resto[1]: suprarrenales, tejido extratorácico, vesícula biliar, corazón, riñón, músculo, mucosa oral, páncreas, próstata, intestino delgado, bazo, timo, útero/cérvix.
Gónadas [2]: media de las dosis a los testículos y a los ovarios.

Fuente: Recomendaciones de la ICRP (2007). Publicación 103.

Un paciente recibe una dosis equivalente en su hígado de 10 Sieverts,

¿Cuál será su dosis efectiva?

1- 0,12 Sv

2- 0,4 Sv

3- 0,8 Sv

4- 0,1 Sv

iLERNA.

Preguntas de Repaso

Órgano/Tejido	Factor de ponderación de los tejidos w_T	Contribución total $\sum^{w}$
Pulmones, estómago, médula ósea, mamas y resto [1]	0,12	0,72
Gónadas [2]	0,08	0,08
Tiroides, esófago, vejiga e hígado	0,04	0,16
Superficie ósea, piel, cerebro y glándulas salivales	0,01	0,04

Resto[1]: suprarrenales, tejido extratorácico, vesícula biliar, corazón, riñón, músculo, mucosa oral, páncreas, próstata, intestino delgado, bazo, timo, útero/cérvix.
Gónadas [2]: media de las dosis a los testículos y a los ovarios.

Fuente: Recomendaciones de la ICRP (2007). Publicación 103.

Un paciente recibe una dosis equivalente en su hígado de 10 Sieverts,

¿Cuál será su dosis efectiva?

1- 0,12 Sv

2- 0,4 Sv

3- 0,8 Sv

4- 0,1 Sv

iLERNA.

Preguntas de Repaso

Tipo de radiación	Factor w_R de ponderación de la radiación
Fotones (X o γ)	1
Electrones o muones	1
Protones y piones cargados	2
Partículas alfa, fragmentos de fisión e iones pesados	20
Neutrones	Curva continua función de la energía de los neutrones

Fuente: Recomendaciones de la ICRP (2007). Publicación 103.

Órgano/Tejido	Factor de ponderación de los tejidos w_T	Contribución total $\sum w_T$
Pulmones, estómago, médula ósea, mamas y resto [1]	0,12	0,72
Gónadas [2]	0,08	0,08
Tiroides, esófago, vejiga e hígado	0,04	0,16
Superficie ósea, piel, cerebro y glándulas salivales	0,01	0,04

Resto[1]: suprarrenales, tejido extratorácico, vesícula biliar, corazón, riñón, músculo, mucosa oral, páncreas, próstata, intestino delgado, bazo, timo, útero/cérvix.
Gónadas [2]: media de las dosis a los testículos y a los ovarios.

Fuente: Recomendaciones de la ICRP (2007). Publicación 103.

La dosis absorbida de un paciente es de 10 Gy y hemos empleado un haz de protones. Si se ha aplicado en sus pulmones.

¿Cuál será su dosis efectiva?

1- 2,4 Sv

2- 2,8 Sv

3- 2,4 Gy

4- 3,1 Gy

iLERNA.

Preguntas de Repaso

Tipo de radiación	Factor w_R de ponderación de la radiación
Fotones (X o γ)	1
Electrones o muones	1
Protones y piones cargados	2
Partículas alfa, fragmentos de fisión e iones pesados	20
Neutrones	Curva continua función de la energía de los neutrones

Fuente: Recomendaciones de la ICRP (2007). Publicación 103.

Órgano/Tejido	Factor de ponderación de los tejidos w_T	Contribución total $\sum^{w_T}$
Pulmones, estómago, médula ósea, mamas y resto (1)	0,12	0,72
Gónadas (2)	0,08	0,08
Tiroides, esófago, vejiga e hígado	0,04	0,16
Superficie ósea, piel, cerebro y glándulas salivales	0,01	0,04

Resto (1): suprarrenales, tejido extratorácico, vesícula biliar, corazón, riñón, músculo, mucosa oral, páncreas, próstata, intestino delgado, bazo, timo, útero/cérvix.
Gónadas (2): media de las dosis a los testículos y a los ovarios.

Fuente: Recomendaciones de la ICRP (2007). Publicación 103.

La dosis absorbida de un paciente es de 10 Gy y hemos empleado protones. Si se ha aplicado en sus pulmones.

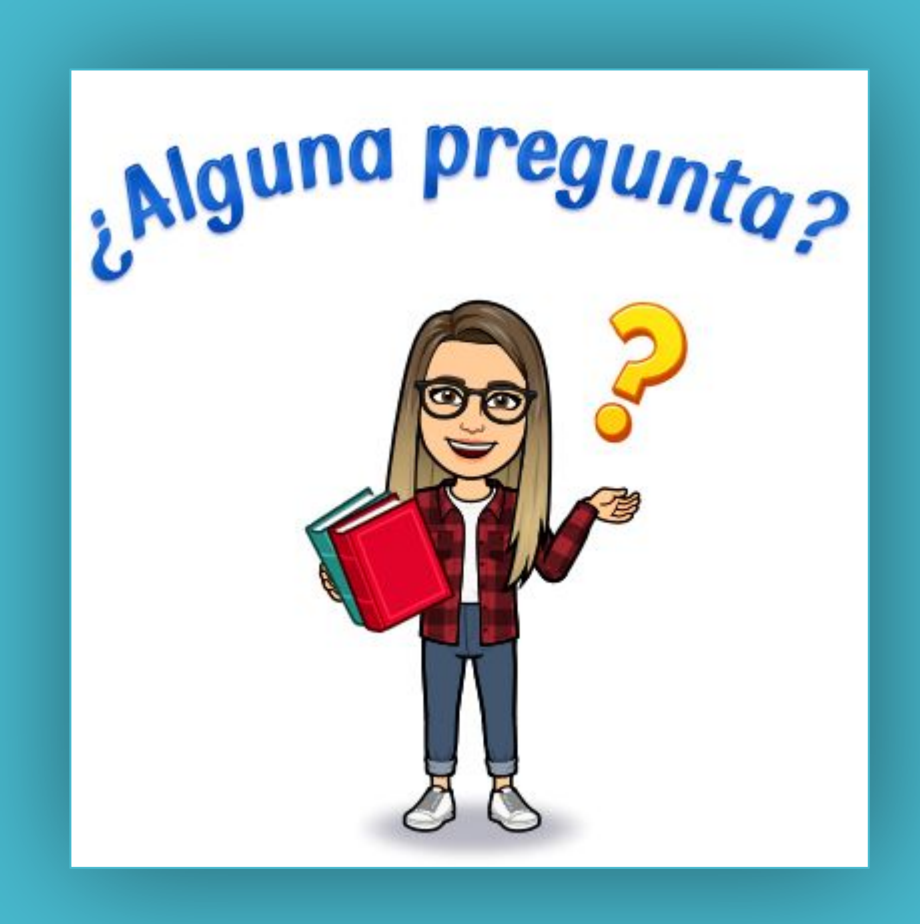
¿Cuál será su dosis efectiva?

1- 2,4 Sv

2- 2,8 Sv

3- 2,4 Gy

4- 3,1 Gy


¿Alguna pregunta?


No se trata
de
DÓNDE ESTÉS
sino
DÓNDE QUIERES
frase: Paul Arden
mr wonderful
mrwonderfulshop.es
LLEGAR